

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

2000-162414

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

G02B 5/10

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 11-267312

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 21.09.1999

(72)Inventor : TAKINO HIDEO
SHIBATA NORIO

(30)Priority

Priority number : 10268581

Priority date : 22.09.1998

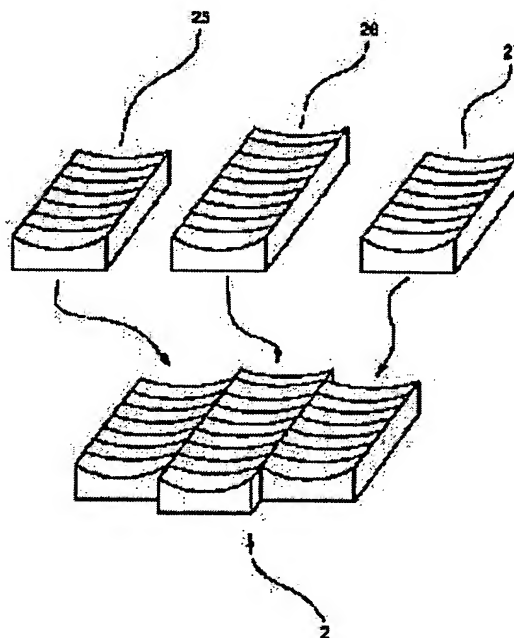
Priority country : JP

(54) MANUFACTURE OF REFLECTION MIRROR, REFLECTION ILLUMINATING DEVICE,
OR SEMICONDUCTOR EXPOSING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To manufacture a multiple light source forming reflection mirror with a reflection surface shape precisely copying a designed one at a good yield by machining a line of element reflection surfaces on each base board in formation of the element reflection surface lines and connecting the base boards provided with the formed element reflection face lines to each other.

SOLUTION: Three kinds of element reflection surface shapes are shaped and polished one by one for mirror-finishing the element reflection surface. In this way, element reflection surface lines 25-27, in each of which three kinds of element reflection surfaces are arranged repeatedly in one direction on a single base board, are formed. A surface shape of each element reflection surface is provided with a shape formed



THIS PAGE BLANK (USPTO)

when a predetermined shape is projected to a recessed surface having a fixed curvature. The element reflection surface lines 25-27 are arranged orthogonally to the element reflection surface line forming direction for sticking the base boards together, and consequently, a multi-surface reflection mirror 2 is formed. In the formed multi-surface reflection mirror 2, a reflection film is formed for further improving a reflectance.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-162414
(P2000-162414A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 0 2 B 5/10		G 0 2 B 5/10	C
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D 5 1 7 5 3 1 A
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)			

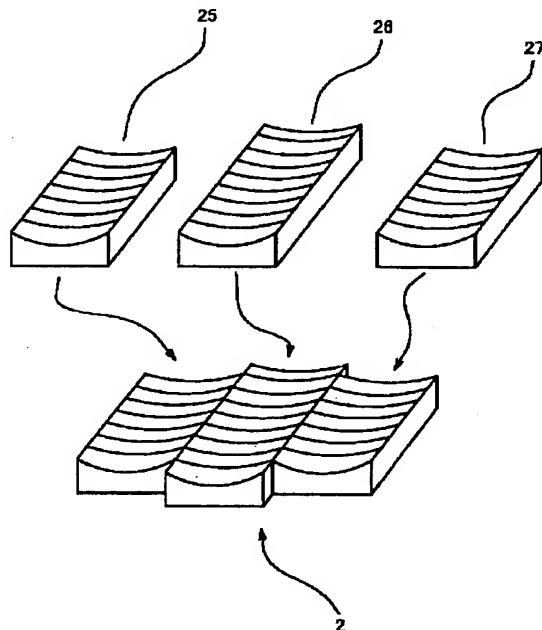
(21) 出願番号	特願平11-267312	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22) 出願日	平成11年9月21日 (1999.9.21)	(72) 発明者	瀧野 日出雄 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
(31) 優先権主張番号	特願平10-268581	(72) 発明者	柴田 規夫 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
(32) 優先日	平成10年9月22日 (1998.9.22)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 反射鏡の製造方法又は反射型照明装置又は半導体露光装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、設計通りの反射面形状を有する多光源形成反射鏡を歩留まり良く製造できる製造方法を提供することを第1の目的にし、更には、よりスループットの高い半導体露光装置を得ることを第2の目的にしている。

【解決手段】 本発明では、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射鏡の製造方法であって、複数の基板を用意し、各基板に要素反射面を一つずつ加工して要素反射面列25、26、27を形成し、要素反射面列25、26、27が形成された基板同士を接合する工程を有することとした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射鏡の製造方法であって、

複数の基板を用意し、各基板に前記要素反射面を一つづつ加工して要素反射面列を形成し、前記要素反射面列が形成された基板同士を接合する工程を有することを特徴とする多面反射鏡の製造方法。

【請求項2】 前記要素反射面が凹面形状を有し、かつ前記要素反射面列が形成された基板同士は、前記要素反射面列がなす方向に対して異なる方向に接合することを特徴とする請求項1記載の多面反射鏡の製造方法。

【請求項3】 所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射型照明装置であって、

前記要素反射面が一つづつ形成された複数の基板をそれぞれ接合したことで形成された反射型照明装置。

【請求項4】 光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、該マスクを照明する照明光学系、該マスク上のパターンをウェハ上に投影する投影光学系、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置であって、前記照明光学系の一部に請求項3記載の反射型照明装置を有し、前記要素反射面は前記投影光学系の光学視野と相似形であることを特徴とする半導体露光装置。

【請求項5】 請求項4記載の半導体露光装置であって、該反射型照明装置の各々の反射面は円弧形状であることを特徴とする半導体露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、反射鏡の製造方法及び半導体製造装置に関するものであり、特に、微少な要素反射面を所定の位置に複数個、配列することにより構成される反射鏡の製造方法、反射型照明装置、更にはその照明装置を用いた半導体露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 現在、DRAMやMCP等の半導体デバイスの製造においては、最小線幅をより狭くする開発研究が盛んに行われており、デザインルール 0.13 μ m (4G・DRAM相当)、0.1 μ m (16G・DRAM相当)、更には0.07 μ m (32G・DRAM相当)の実現に向けて種々の技術が開発されている。

【0003】 この最小線幅の問題と切っても切れない関係を有するのが、露光時に生じる光の回折現象であり、これに起因する像や集光点のボケが必要な最小線幅を実現する時の最大の問題点である。この回折現象の影響を押さえるためには露光光学系の開口数 (N.A.: Numerical aperture) を大きくする必要があり、光学系の大口径化と波長の短波長化が開発のポイントになっている。

【0004】 ところが、光の波長が短くなると、特に200nm以下になると、加工が容易で、光吸収の少ない光学材料が見当たらなくなってくる。そこで、透過光学系を捨てて、反射光学系による投影光学系の開発がなされており、相当な成果を上げている。その中に、複数の反射鏡の組み合わせによって、軟X線に対して円弧状の光学視野（露光領域として使用出来る領域）を実現し、マスクとウェハを投影縮小率比の相対速度で、互いに同期して移動させることによってチップ全体を露光しようとする方法がある（例えば、Koichiro Hoh and Hiroshi Tanino; "Feasibility Study on the Extreme UV/Soft X-ray Projection-type Lithography", Bulletin of the Electrontechnical Laboratory Vol. 49, No.12, P.983-990, 1985.を参照。なお、この文献を以後、参考文献1と記す）。

【0005】 ところで、最小線幅と並んで上記の様な半導体デバイス製造にとって重要な要素にいわゆるスループットがある。このスループットに関与する要因としては、光源の発光強度、照明系の効率、反射系に使用する反射鏡の反射率、ウェハ上の感光材料・レジストの感度等がある。現在、光源としては、ArFレーザー、F₂レーザー、更に短波長光の光源としてシンクロトロン放射光やレーザープラズマ光がある。また、これらの光を反射する反射鏡に関しても、高い反射率が得られるように多層膜反射鏡の開発も急ピッチで行われている（詳細は前述の参考文献1、及び、Andrew M. Hawryluk et al; "Soft x-ray beamsplitters and highly dispersive multilayer mirrors for use as soft x-ray laser cavity component", SPIE Vol. 688 Multilayer Structure and Laboratory X-ray Laser Research (1986) P.81-90 及び、特開昭63-312640を参照）。

【0006】 さて、半導体露光装置についてであるが、この半導体露光装置には、ムラ無く均一に原版を照明するために、光源の光量分布がどうであれ均一に原版に照明するための照明光学系が開発されている。この照明光学系に要求されるものは、一様照明性や開口性である。例えば特開昭60-232552号公報には、矩形形状の照明領域を対象とした技術が提案されている。しかし、半導体露光装置は、原版のパターンをウェハ上に形成する投影光学系を備えており、この投影光学系の視野が円弧状である場合、照明視野が矩形形状では光の利用効率が悪く、どうしても露光時間を短縮出来ず、従って、スループットが上がらなかった。

【0007】 最近、この問題を解決する方法として、投影光学系の有する光学視野に合わせて照明視野を設定し、この照明視野に光源からの光を集光する方法として、例えば、特開平10-70058「X線縮小投影露光装置及びこれを用いた半導体デバイス製造装置」が提案されている。これは、照明光学系として図12に示すシリンドリカル形状の反射型凸面半円柱型インテグレー

タが用いられている。反射型凸面半円柱型インテグレータは、微小な凸半円柱面を1次元に多数配置した形状の反射面を持つ全反射ミラーである。また、反射型凸面半円柱型インテグレータの代わりに、図13に示すような反射型凹面半円柱型インテグレータを用いることもできる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のような反射鏡は通常、一つの基板を被加工物として、ボールエンドミルを備えた切削加工機を用いて切削加工により製作される。ボールエンドミルは図14(a)に示すような形状であり、その位置を被加工物に対して3次元的に制御することによって、同図(b)のように色々な面の加工が可能である。

【0009】しかし、一つのアルミニウム基板から、図12に示した反射面形状を形成し、出来上がった多光源形成反射鏡を用いて実際に照明してみると、予期した良好な反射効率を有するインテグレータが形成されず、このようなインテグレータを用いた半導体露光装置では、高いスループットが得られなかった。そこで、その原因を追究したところ、図15に示すように、凸面形状と凸面形状が互いに隣接しており、谷となっている全ての部分に加工残りが存在し、この部分の影響が主なものであることが判明した。この様に全ての反射面と反射面との境界部分に反射面の形状を有していない部分があると、一つの反射面と反射面との間に出来ている加工不良の部分小さくても、これらの面積を全て足し合わせると大きな面積にわたって加工不良が生じているのと同じになる。

【0010】また、更に、図12と図13に示すような反射型インテグレータを既存の加工装置で製造しようとすると、反射型インテグレータの一つの反射面の長さが長いと、装置のステージの移動量が不足して加工できないことが多かった。また、加工できたとしても、長尺であるために装置の運動精度が原因となって、高い形状精度が得られないと言う問題があった。

【0011】そこで、本発明はこのような課題を解決するべく考案したものであり、設計通りの反射面形状を有する多光源形成反射鏡を歩留まり良く製造できる製造方法を提供することを第1の目的にし、更には、よりスループットの高い半導体露光装置を得ることを第2の目的にしている。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明の第1の形態では、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射鏡の製造方法であって、複数の基板を用意し、各基板に要素反射面を一つづつ加工して要素反射面列を形成し、要素反射面列が形成された基板同士を接合する工程を有することとした。

【0013】この様に、一つの基板にまず一列の反射面を形成し、その次に要素反射面列が形成された基板をつなぎ合わせることで、要素反射面と要素反射面との間に出来た加工不良部分を少なくすることができ、反射効率の良い多面反射鏡を形成することができる。更に本発明の第1の形態では、要素反射面列が形成された基板同士の接合は、要素反射面列がなす方向に対して異なる方向に前記基板同士を接合することとした。

【0014】また、本発明の第2の形態では、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射型照明装置であって、要素反射面が一つづつ形成された複数の基板をそれぞれ接合したことで形成されたものとした。このような形態を有する照明装置であるので、要素反射面同士の境界近傍も設計通りの面形状に形状加工できるので、有効反射面の面積が十分広く明るい反射型照明装置が得られる。

【0015】また、本発明の第3の形態では、光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、マスクを照明する照明光学系、マスク上のパターンをウェハ上に投影する投影光学系、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置であって、照明光学系の一部に請求項3記載の反射型照明装置を有し、要素反射面は投影光学系の光学視野と相似形であることとした。

【0016】この様に、有効反射面が十分広く明るい反射型照明装置を露光装置に用いたので、露光時間を短縮することができ、スループットの向上が期待できる。また、本発明の第3の形態における半導体露光装置であって、反射型照明装置の各々の反射面は円弧形状であることとした。次に、本発明の実施の形態において、本発明を詳しく説明するものとするが、本発明はこれに限られるものではない。

【0017】

【発明の実施の形態】次に本発明の第1の実施の形態として、図2に示す投影露光装置に用いられる反射型インテグレータである多面反射鏡について説明する。この多面反射鏡は、投影光学系の有する光学視野に合わせて照明視野を設定し、これによって照明効率を上げ、スループットの問題を解決するものであり、詳しくは同出願人が出願した特願平10-47400号に記載されている。この技術を図2をもとに簡単に説明する。

【0018】図2は、本発明の実施の形態における投影露光装置の概要図である。この投影露光装置では、光源1と、多面反射鏡2と、コンデンサー光学素子3と、反射鏡4と、マスク5と、マスクステージ5sと、投影光学系6と、ウェハ7と、ウェハステージ7sと、マスクステージコントローラ8と、ウェハステージコントローラ9が備わっている。

【0019】光源1より出た光は本発明の製造方法を用いて形成された多面反射鏡2に入射する。そして、多面反射鏡2で反射された光は、コンデンサー光学素子3及

び反射鏡4を経てマスクステージ5s上に保持されたマスク5を照明する。なお、本明細書では多面反射鏡2、コンデンサー光学素子3及び反射鏡4をまとめて反射型照明光学系と言う。

【0020】マスク5には、ウェハステージ7s上に保持されたウェハ7上に描くべきパターンと相似形状のパターンが形成されている。そして、マスク5上のパターンは反射型照明光学系によって照明され、非球面反射鏡6a、6b、6c、6dからなる投影光学系6を通じてウェハ7上に投影される。この様にして、マスク5に形成されたパターンをウェハ7上に投影している。

【0021】ところで、投影光学系6の光学視野は円弧形状であり、製作すべきデバイスチップ全体をカバー出来るほど広くはなく、マスク5とウェハ7を同期させて相対的に移動（スキャン）させながら露光を行うことによってチップ全体のパターンをウェハ上に形成する。このために、マスクステージ5sの移動量を制御するレーザー干渉距離計を含むマスクステージコントローラ8とウェハステージ7sの移動量を制御するウェハステージコントローラ9が備わっている。（このスキャンを伴う露光方式に関しては先の参考文献1を参照）。

【0022】ところで、多面反射鏡2は、光源1からの光から光学的に複数の2次光源を形成するためにある。そして、多面反射鏡2は、それぞれの反射面の輪郭が同じ複数の微小な要素反射面を有し、要素反射面の面形状が複数種類あり、その要素反射面を面形状毎に繰り返し配列されている。なお、要素反射面の外形状は投影光学系の光学視野形状と相似形にしている。これによって位置P2に多数の点光源像1が形成され、これがコンデンサー光学素子3によって必要な照明視野を形成する。上記のような技術を用いると、マスク上の照明すべき領域を無駄無く一様に照明出来、露光時間の短縮が可能になって、高いスループットを有する半導体露光装置の実現が可能になる。

【0023】上記の様な、円弧状の照明視野を有する反射型照明光学系に用いられる多面反射鏡2と、その多面反射鏡2に形成される一つの要素反射面を実際に設計した結果を図3、4を用いて説明する。図3に示すように、この多面反射鏡2は3種類の要素反射面（A1、B1、C1）から構成されている。そして、それぞれの要素反射面の一边を合わせて列をなして設けられている。そして、この様な列を所定の数の列分形成して、多面反射鏡2を形成している。ところで、多面反射鏡2の各列は、要素反射面がA1、B1、C1、A1、B1、C1…の順に配列されている。そして、各要素反射面の面形状は、一定の曲率を有する凹面に図4（a）、（b）、（c）に示した形状を投影したときの形状を有している。

【0024】図4に示された凹面41は、焦点距離が図2に示すP2の距離と同じ距離を有する球面である。こ

の凹面41に形成された球面に、図4に示すようにYZ面に平行な円弧状帯（平均半径がZhの円の円弧状帯）を投影した形状と同じ形状を各要素反射面は有している。そして、要素反射面A1の形状は、投影する円弧の円の中心を、凹面41の球面の中心軸に合わせたときの投影像と同形状である。また、要素反射面B1、C1の形状は、投影する円弧の中心を、凹面41の球面の中心軸に対して垂直方向にYhだけずらしたときの投影像と同形状である。この様な形状は、いずれもほぼ円弧状になる。紙面に対して垂直方向から見れば完全な円弧状である。

【0025】このようにして出来た要素反射面に、例えばX方向より平行光線を入射させると要素反射面A1による点像が凹面41の球面の焦点位置と同じ位置に形成され、要素反射面B1による点像が焦点位置よりYhだけ横ずれして形成される。また、要素反射面C1による点像も同じく基板41の球面の焦点位置より-Yhだけ横ずれして形成される。

【0026】なお、要素反射面の好適な実用的な設計解としては、要素反射面の曲率半径Rは160～2000mm、図4に示すZhの距離は4.5～55mm、円弧の幅（円弧状帯の幅）は0.3～20mm、円弧の長さは4.5～55mm、図4（b）（c）に示すYhは約2.3～27mmとなり、更に表面粗さがrms<0.3nmである。

【0027】ところで、図3に示した多面反射鏡2を、従来の技術のように一枚の基板からボールエンドミルを備えた切削加工機を用いて切削加工して製造すると、図5に示すような形状になる。このように、各要素反射面51同士が互いに隣接している部分に加工残りCRが存在し、この部分に照射された光が所定の位置に反射してこないことが判明した。このように所定の位置に反射してこない光が有ると、マスク5に照明される光量が低下し、ウェハ7への露光時間が長くなる。その結果、スループットが低い露光装置になってしまう。

【0028】この様なことを解決するために、本発明の第1の実施の形態である多面反射鏡の製造方法では、図6に示すように、一つの基板上に要素反射面を一方に列に形成する。そして、基板の幅を要素反射面の幅と同じ寸法にすることで、エンドミル31が要素反射面の境界部分に来て、そのまま矢印32の方向に切削しなから移動できる。

【0029】この様にして要素反射面A1、B1、C1が形成された基板を複数形成し、次に、要素反射面が形成された方向とは垂直な方向に要素反射面が列に形成された基板を配列することで多面反射鏡2を形成することとした。複数の基板に要素反射面を形成することによって、1個の要素反射面の加工に失敗したとしても、加工に失敗した要素反射面を含む要素反射面列のみを作製し直せばよいので、加工効率を高くできる。また、エン

ドミル 31 が要素反射面 51 の形成領域の隅を通過しながら加工できるので、四隅に加工残りが生じることなく、高い形状精度を有する光学素子が加工できる。

【0030】次に、本発明の実施の形態にかかる多面反射鏡の製造方法を詳しく説明するものとする。まず、金属のブロック、例えば、無酸素銅のブロックを準備する。ここで、無酸素銅を選択した理由は、切削および研磨した場合に鏡面性が優れているためである。このブロックを所定の大きさに切り出す。その大きさは、要素反射面が一分形成できる程度の大きさを有しており、かつ他の要素反射面列が形成された基板を接合することを考えて、切り出す基板の横幅は、要素反射面の円弧形状に対する弦の長さと同じにしている。なお、本実施の形態では無酸素銅のブロックから、長さ 30 mm × 幅 5 mm × 高さ 10 mm のブランク 1 個と、長さ 27 mm × 幅 5 mm × 高さ 10 mm のブランク 2 個に切り出した。

【0031】次に、この切りだされたブランクのうち、1 個のブランクを、ボールエンドミルを備えた切削加工機に取り付け、図 3 に示す 3 種類の要素反射面 A1、B1、C1 の形状を 1 つずつ形状加工する。形状加工を行った後は、研磨を行うことにより、要素反射面列を鏡面状態とした。

【0032】この様にして、一つの基板に複数の要素反射面が一方に配列されるように形成された要素反射面列を形成した。そして、他のブランクにも同じように切削加工機により形状加工と研磨を行い、一つの基板に複数の要素反射面が一方に配列されるように形成した要素反射面列を形成して、合計 3 つの要素反射面列を形成する。この様にして形成された要素反射面列 25、26、27 は、図 1 に示した形状となる。次に、この要素反射面列 25、26、27 を、要素反射面列が形成されている方向とは垂直方向に並べて、互いに図 1 に示したように接着する。この様にして、多面反射鏡 2 が形成される。

【0033】この様にして形成された多面反射鏡 2 は、更に反射率を上げるために、反射膜を形成する。例えば、この多面反射鏡 2 が前述の露光装置に用いられ、かつその露光装置の光源として、F₂ レーザを用いた場合、多面反射鏡 2 にアルミニウムの反射膜を形成し、更にその上にアルミニウム膜の酸化防止と反射率の維持の観点から、フッ化マグネシウム (MgF₂) を数十 nm の厚さに成膜することが好ましい。

【0034】また、軟 X 線領域の光 (電磁波) を使用する場合には、モリブデンとケイ素の交互多層膜を形成することが好ましい。この様にして、露光装置に用いられる多面反射鏡 2 が形成でき、要素反射面の境界部分も所望の形状に形成されているので、有効の反射面が広く明るい反射光学系を形成することができる。また、要素反射面の形成時や形成後に、一つの反射面に不良箇所が生じたとしても、その不良箇所が生じた基板のみを作り直

して、交換するだけで良いのでコストを安く抑えることができる。

【0035】なお、本発明は上述で示した形状を有する多面反射鏡以外でも適用可能である。例えば、要素反射面は A1、B1、C1 の 3 種類よりも多くても、少なくとも良く、また、要素反射面は非球面の一部でも良い。また、要素反射面列も 3 列に限られたものではない。また、他の全く異なった形状の反射鏡についても本製造方法は適用できる。

【0036】次に、本発明の第 2 の形態として、図 12 に示すような形状の多面反射鏡の製造方法を説明する。このような形状を有する多面反射鏡では、一つの基板に多数の反射面を形成すると、どれか一カ所不良箇所が生じた場合、他の良い反射面も破棄せざるをえなくなるので、複数の要素反射面列を形成し、そして、その要素反射面列をつなぎ合わせた。

【0037】この場合、反射鏡の長さによって、図 12 で示す奥行き方向の長さが長い場合は、一つの要素反射面の奥行きよりも短いブランクを用いる。そして、図 7 に示すような要素反射面列 71 を形成し、それぞれの反射面が平行に並ぶように 2 次元的に配置することで、図 12 に示す形状の多面反射鏡を形成することができる。

【0038】また、図 12 で示す奥行き方向の長さが短い場合は、一つの要素反射面の奥行きと同じ長さのブランクを用いる。そして、図 8 に示すような要素反射面列 81 を複数形成し、これを要素反射面の長手方向と垂直方向に、かつそれぞれの要素反射面が平行に並ぶように配置することで、図 12 に示す形状の多面反射鏡を形成することができる。

【0039】この様にすることで、コストの低減がはかれ、また、要素反射面列と要素反射面列の境界部分は、所望の形状に形成することができるので、有効面積を比較的広くすることができる。なお、更に要素反射面列の間の加工残りを除去したい場合には、つぎの方法によりブランクを加工することが好ましい。

【0040】エンドミル 31 を用いた切削加工機だけで形成した場合は、図 9 (a) に示す要素反射面列 90 の側面形状と同じ形状を有し、要素反射面同士境界部分で加工残り CR2 が形成されてしまう。そこで、エンドミル 31 を用いて形成された要素反射面列 90 に対して、加工残り CR2 の部分を非回転工具 91 で除去する。この様にして、非回転工具 91 で加工残り CR2 が除去されたのちの形状を図 9 (b) に示した。この様にして、要素反射面列を形成している要素反射面同士境界部においても、有効な反射面形状を形成することができる。

【0041】なお、他の方法として、断面形状が要素反射面の境界部分と同形状をした断面形状を持つ非回転工具 92 を用いて、要素反射面の境界部分のみ切削することでも構わない。例えば、図 9 (a) で形成された形状

にものに対し、図 10 に示すような非回転工具 92 を用いて、加工残りを除去しても構わない。この様に、要素反射面列を形成した基板をつなぎ合わせて、多面反射鏡を形成した場合、それでも有効反射面積が小さく、十分でない場合は、非回転工具により加工残り CR2 を除去することが好ましい。

【0042】なお、本発明は前述の凸型半円筒形状を有した多面反射鏡以外にも、図 11 に示すように要素反射面列 110 を複数個形成して、貼り合わせることで、凹型半円筒形状の多面反射鏡の製作に適用できる。この場合も複数の要素反射面列を形成した基板を複数形成し、それをつなぎ合わせることで、コスト低減ができる。ところで、上述の本発明の実施の形態では、要素反射面列を貼り合わせて、多面反射鏡を形成しているが、本発明はこれに限られず、多面反射鏡の光学面を上面向けて使用するのであれば、単に台座に配列するだけで固定しなくてもよい。また、要素反射面列は、研磨を行った後に接合しているが、本発明はこれに限られず、形状加工が施された要素反射面列を接合した後に、研磨を行っても良い。また、被加工物の材質は無酸素銅に限られるものではなく、切削・研磨後に鏡面性が良好であれば良い。

【0043】たとえば、シリコン、ULE、スーパーインバー材、無酸素銅、インバー材、アルミニウム、炭素鋼、石英ガラス、スタバックス材、バイレックスガラスなどが考えられる。また、金属基板の上に成膜されたニッケル合金の非晶質薄膜やニッケル合金を主成分とする非晶質薄膜でも良い。

【0044】

【発明の効果】上述のように、本発明によって、多数の要素反射面からなる複雑形状の光学素子を高精度で、そして、高い加工効率で製造できる。また、本製造方法により得られた反射鏡は、露光装置用の照明装置にもちいれば、スルーボットの高い露光装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】：本発明の第 1 の実施の形態に係る要素反射面列が形成された基板を接合した多面反射鏡の概略構成図である。

【図 2】：本発明の第 1 の実施の形態に係る加工手順で形成された多面反射鏡を使用した露光装置の光学系の概略構成図である。

【図 3】：本発明の第 1 の実施の形態に係る加工手順で形成された多面反射鏡の概略構成図

【図 4】：多面反射鏡を構成する要素反射面の面形状を示す図

【図 5】：従来加工法により形成された多面反射鏡の形

状を示した図である。

【図 6】：一つの基板から要素反射面 1A、1B、1C を形成するときにエンドミルの軌跡を示した図である。

【図 7】：本発明の第 2 の形態による加工法で形成された多面反射鏡の概略構成図である。

【図 8】：本発明の第 2 の形態による加工法で形成された多面反射鏡の概略構成図である。

【図 9】：本発明の第 2 の形態による加工法で形成された場合の加工残りを除去する方法を示した図である。

【図 10】：本発明の第 2 の形態による加工法で形成された場合の加工残りを除去する方法を示した図である。

【図 11】：反射型凹面半円柱型インテグレータの製造方法を示した図である。

【図 12】：反射型凸面半円柱型インテグレータの概略図である。

【図 13】：反射型凹面半円柱型インテグレータの概略図である。

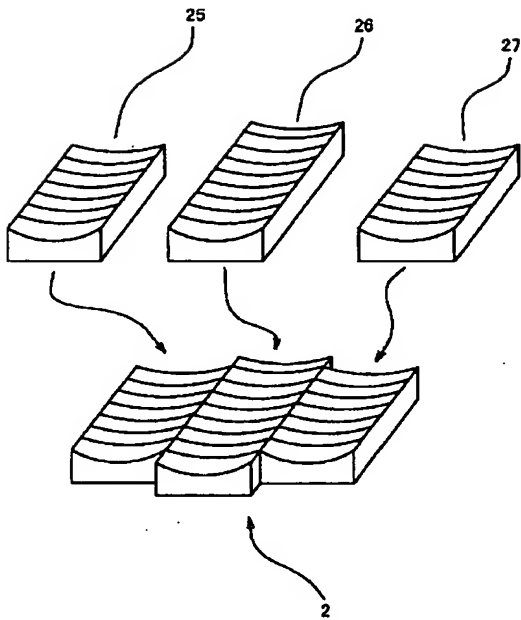
【図 14】：ボールエンドミルの形状と加工可能な曲面を示した図である。

【図 15】：従来の加工法で形成された反射型凸型インテグレータの断面形状図である。

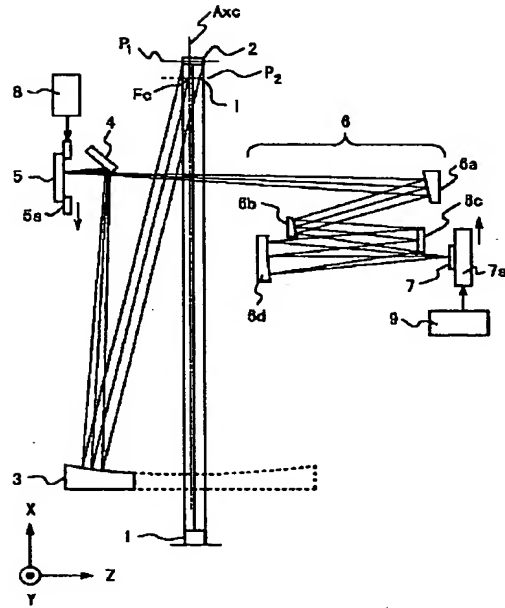
【符号の説明】

- | | | |
|-----------------------|---------|-------------------|
| 1 | ..... | 光源 |
| 2 | ..... | 多面反射鏡 |
| 3 | ..... | コンデンサー光学素子 |
| 4 | ..... | 反射鏡 |
| 5 | ..... | マスク、 |
| | 5s | ..... |
| | マスクステージ | |
| 6 | ..... | 投影光学系 |
| 7 | ..... | ウェハ、 |
| | 7s | ..... |
| | ウェハステージ | |
| 8 | ..... | マスクステージコントローラ |
| 9 | ..... | ウェハステージコントローラ |
| 25、26、27、71、81、90、110 | ..... | 要素反射面列 |
| 31 | ..... | エンドミル |
| 32 | ..... | エンドミルの軌跡 |
| 41 | ..... | 要素反射面の反射面形状を示す凹球面 |
| 51 | ..... | 従来の加工法で形成された要素反射面 |
| 91、92 | ..... | 非回転工具 |
| A1、B1、C1 | ..... | 要素反射面 |
| CR | CR2 | ..... |
| | | 加工残り |

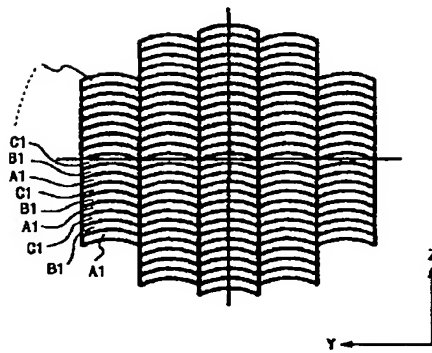
【図 1】



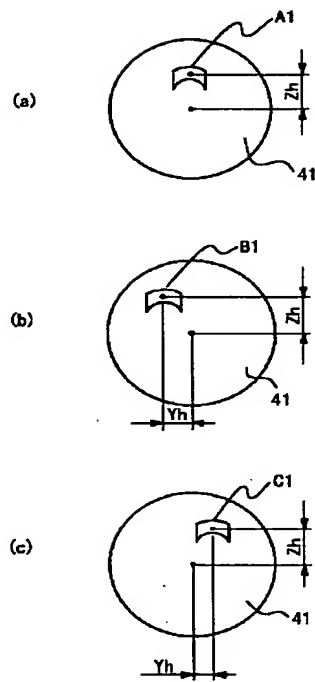
【図 2】



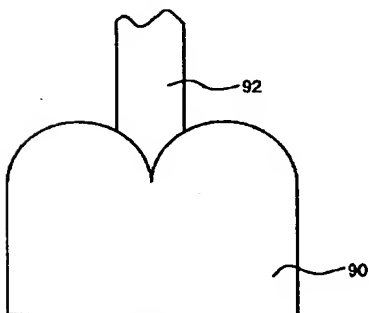
【図 3】



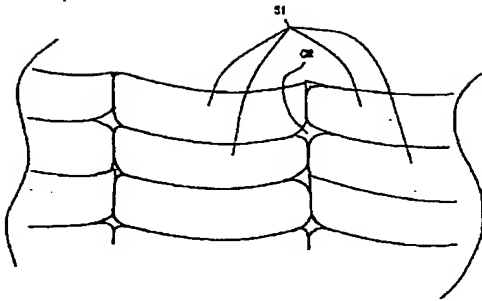
【図 4】



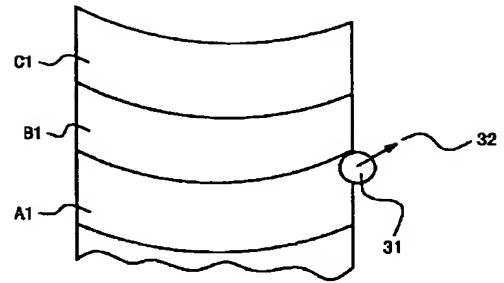
【図 10】



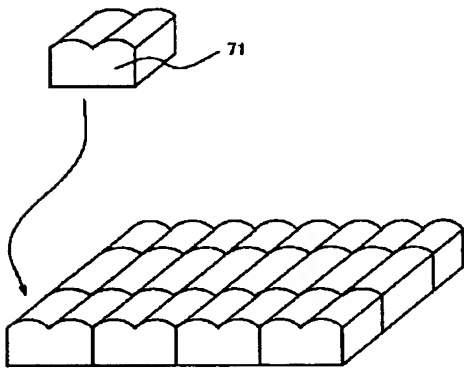
【図5】



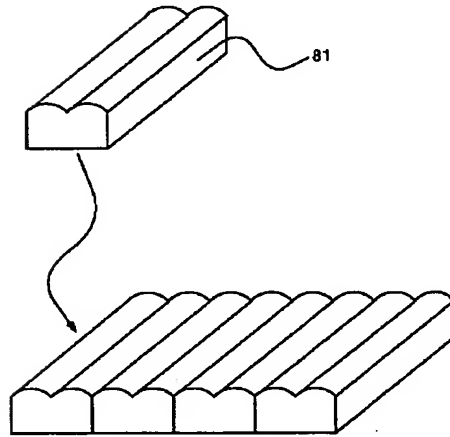
【図6】



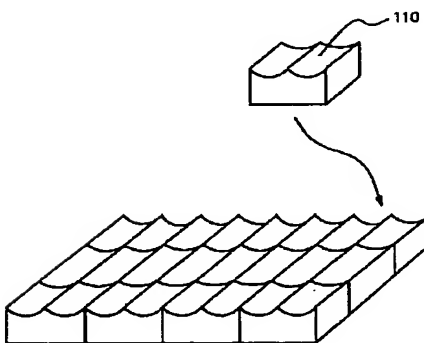
【図7】



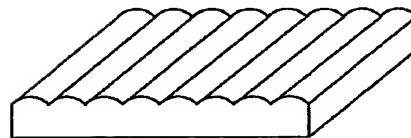
【図8】



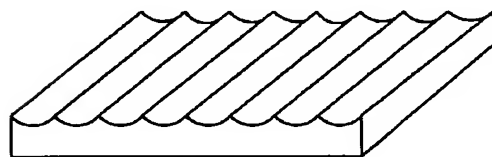
【図11】



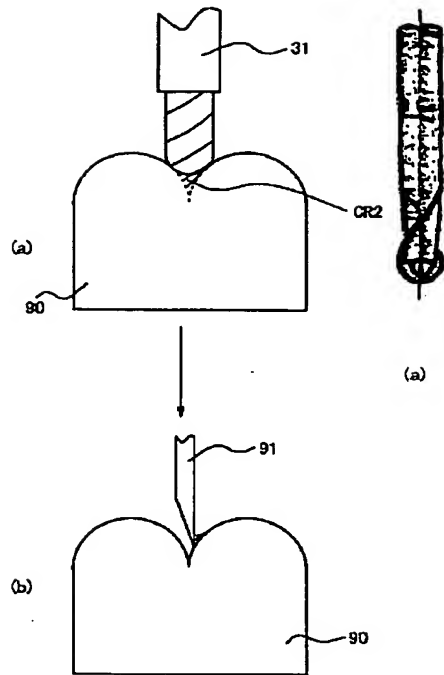
【図12】



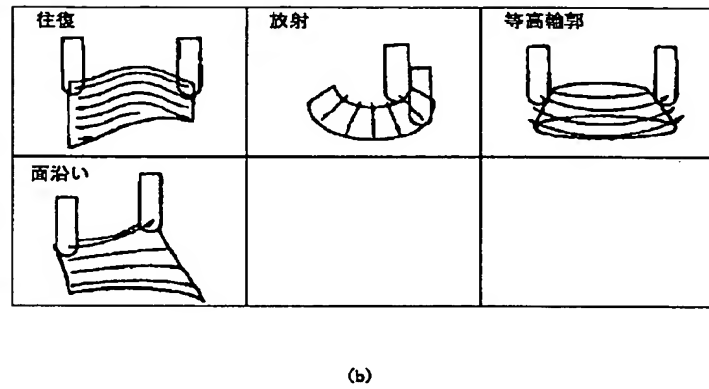
【図13】



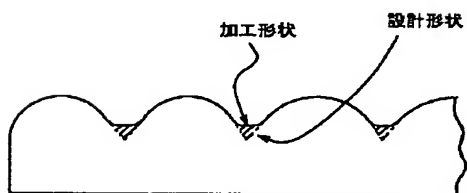
【図9】



【図14】



【図15】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☐ ~~BLURRED~~ OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)